



TITLE:

α クラスター励起状態における芯クラスターの回転・変形によるクラスター構造への影響(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

吉田, 侑太

CITATION:

吉田, 侑太. α クラスター励起状態における芯クラスターの回転・変形によるクラスター構造への影響. 京都大学, 2017, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20178>

RIGHT:

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	吉田 侑太
論文題目	α クラスター励起状態における芯クラスターの回転・変形によるクラスター構造への影響		
(論文内容の要旨)			
<p>原子核において一つのαクラスターが発達した励起状態に関して、αクラスター励起の安定性と発現メカニズムの解明を行った。^{32}Sにおいては^{28}Siクラスター芯の変形と回転の効果を取り入れた拡張された$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター模型を構築し、$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター構造をもつ励起状態を研究した。また、^{14}Cについては^{10}Beクラスター芯の2α構造の発達や^{10}Beクラスターの回転の効果を検討した$^{10}\text{Be} + \alpha$クラスター模型を構築し、^{14}Cにおける3αクラスターの発達した励起状態の理論的探索を行った。</p> <p>^{28}Sの研究では$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター模型において、^{28}Siクラスター芯が扁平に変形した構造と球形構造が共存する効果を取り込み、さらに変形した^{28}Siクラスター芯が回転する効果を取り入れた模型を用いて$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター励起状態を調べ、αクラスター励起状態が現れるか否か、芯原子核の変形や回転といった構造変化が励起状態のエネルギーやα崩壊幅にどのような寄与を与えるかについて調べた。その結果、$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター閾値近傍にαクラスター励起状態の回転バンドが形成されることを理論的に示した。計算で得られた回転バンドのスペクトルとα崩壊幅を実験で観測されている$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター状態と比較し、実験で観測されている状態が候補となりえることを示した。さらに^{28}Si芯の構造変化とαクラスターの崩壊を詳細に調べ、$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター状態の回転バンドにおいては、扁平に変形した^{28}Siが回転して^{28}Siの0+状態を形成していることを確認し、変形と回転が$^{28}\text{Si} + \alpha$クラスター状態の形成に重要な寄与を与えることを明らかにした。</p> <p>^{14}Cのクラスター励起状態については、$^{10}\text{Be} + \alpha$クラスター模型において^{10}Beを2α + 2n模型で記述することによって^{14}C系において3αクラスターのダイナミクスを詳細に解析し、3αクラスター気体状態の出現の有無、および、3αリニアチェイン構造の安定性について研究した。^{12}Cおよびの3α構造と^{14}C系において3α + 2n構造を比較することで、余剰中性子の有無がこれらのクラスター構造にどのような違いをもたらすかを調べ、余剰中性子の役割を明らかにした。^{12}Cにおいては、$^8\text{Be} + \alpha$の相対運動と^8Beにおける$\alpha - \alpha$相対運動の両方の発達が^{12}Cの3αクラスター気体状態の形成に重要な役割を果たすことを明らかにした。これに対して^{14}Cでは、余剰中性子が$\alpha - \alpha$間の引力を強める効果を与えるために^{10}Be内の2αの発達が^8Beの2αの場合よりも抑制される。その結果、^{14}Cにおける^{10}Be内の$\alpha - \alpha$相対運動による内部励起が抑制されるために、^{14}Cでは3αクラスター気体状態が出現しないという結果を得た。一方、^{14}Cにおける3αリニアチェイン構造は余剰中性子の存在によって安定化するという結果を得た。α崩壊に対する安定性には余剰中性子の引力的効果が寄与する。また折れ曲がりに対する安定性は、余剰中性子配位によって低励起のクラスター状態が新たに出現することでその状態との直交性によって折れ曲がりの運動が抑制されることを明らかにした。さらに中性子配位を固定した解析を行うことで、^{12}Cおよび^{14}Cの励起状態における3αクラスターのダイナミクスにおける余剰中性子の役割を議論した。また、基底状態からのモノポール遷移強度を解析し、モノポール遷移強度が^{12}Cおよび^{14}Cの励起状態における</p>			

3α クラスターのダイナミクスの違いを調べるための良いプローブになることを明らかにした。特に ^{14}C においては、基底状態と類似した中性子配位をもつ励起状態に強いモノポール遷移強度をもち、中性子配位に敏感な観測量となりえることを示した。一連の研究により、

(論文審査の結果の要旨)

本論文の主要な成果は、これまでクラスターの研究が進んでいなかったopen shell原子核(殻軌道が閉じていない原子核)についてのクラスター励起状態を理論的に研究し、クラスター励起状態の出現メカニズムおよび α 崩壊等に対する安定性を議論したことである。従来のクラスター研究の多くは、 α クラスターや ^{16}O クラスターなどclosed shell(殻が閉じた原子核)のクラスターから構成された原子核に対するものであった。Closed shellクラスターの場合、クラスターの内部変形や回転の効果を考慮する必要がなく、基本的にクラスター間の相対運動を記述すればよいのに対して、open shellクラスターの場合にはクラスターの内部変形や回転といったクラスターの内部励起を考慮し、そうした内部励起とクラスター間の相対運動の結合を解く理論的枠組みが必要となる。吉田氏は、 ^{28}Si クラスター芯が扁平に変形した構造と球形構造が共存する効果および変形 ^{28}Si クラスターが回転する効果を取り込んだ上で、 ^{28}Si と α 間の相対運動のダイナミクスを解く新しいモデルを構築し、 $^{28}\text{Si}+\alpha$ クラスター励起状態の理論的探索した。さらに、 α 崩壊幅の解析や ^{28}Si クラスターの内部構造の解析を行い、 ^{28}Si クラスター内の自由度が $^{28}\text{Si}+\alpha$ クラスター励起状態の α 崩壊に対する安定性にどのような寄与を与えるかを明らかにした。さらに吉田氏は余剰中性子のある場合のopen shellクラスターのケースとして、 ^{14}C におけるクラスター構造の研究を行った。吉田氏が構築した拡張された $^{10}\text{Be}+\alpha$ クラスターモデルでは、 ^{10}Be クラスターの内部励起として 2α 間の相対距離に対する自由度をとりこみつつ、変形した ^{10}Be クラスターが回転する効果を考慮している。このモデルでは、 ^{10}Be に対する α クラスターの動径方向と回転方向に対する運動を詳細に記述することができ、 3α 構造の折れ曲がりに対する安定性や α 崩壊に対する安定性を議論できることは従来のモデルにない画期的な進展である。また、 ^{10}Be クラスター内部の 2α 間の相対距離に対する自由度を記述することで、 3α クラスター気体状態の出現の有無を議論することができることも特筆すべき点である。 ^{12}C においては 3α クラスター気体状態が知られているが、本論文では ^{14}C においては余剰中性子の引力的効果によって 3α 気体状態が出現しないということを示した。また、先行研究で予言されていた 3α リニアチェイン構造について折れ曲がりと α 崩壊に対する安定性を議論し、余剰中性子の存在によって、これらのモードが安定化するという新しい知見を示したことも重要な成果である。余剰中性子の配位の詳細な解析では、クラスター気体状態の出現の有無やリニアチェイン構造の安定化において余剰中性子が果たす役割を明らかにした点もこれまでの研究にない新しい成果として評価できる。

さらに、モノポール遷移強度の解析では、クラスター励起状態の構造や励起機構を明らかにする上で良いプローブとなることを示したことは、未知のクラスター励起状態の実験的探索に貢献しうる重要な理論結果である。

以上のように、本論文では、拡張されたクラスターモデルを新たに構築し、これまで研究が進んでいなかったopen shell原子核や中性子過剰原子核におけるクラスター

励起状態について新たな知見を与えると同時に実験研究への貢献を行った。また、これらの成果は原子核におけるクラスター励起状態の普遍的性質と出現機構を解明する上でも重要な結果である。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年1月5日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降